

**◀ Examen National de Fin de formation ▶**  
**Session de Juin 2024**

**Examen de Fin de Formation (Epreuve de Synthèse)**

<b>Secteur :</b>	Génie Electrique	<b>Niveau :</b>	Technicien Spécialisé
<b>Filière :</b>	Electromécanique des systèmes automatisés		

<b>Variante</b>	1	<b>Durée :</b>	4h00	<b>Barème</b>	/100
-----------------	---	----------------	------	---------------	------

**Consignes et Précisions aux correcteurs :**

Veillez respecter impérativement les consignes suivantes :

- Le corrigé est élaboré à titre indicatif,
- Eviter de sanctionner doublement le stagiaire sur les questions liées,
- Pour toutes les questions de synthèse et de compréhension le correcteur s'attachera à évaluer la crédibilité et la pertinence de la réponse du stagiaire. Et à apprécier toute réponse cohérente du stagiaire,
- Le stagiaire n'est pas tenu de fournir des réponses aussi détaillées que celles mentionnées dans le corrigé,
- Pour les exercices de calcul :
  - Prendre en considération la méthode de calcul correcte (formule et relation de calcul correcte) même si le résultat final de calcul est faux
  - Le résultat final correct non justifié ne doit pas avoir la totalité de la note.
- En cas de suspicion d'erreur au niveau du corrigé, prière de contacter la Division de Conception des Examens.

**Détail du Barème :**

N° Des Dossiers	Travaux à réaliser	Barème
<b>Partie Théorique</b>		
SUJET 1	Installation et réparation de moteurs à CA	/13points
SUJET 2	Installation, réparation, commande électronique de moteurs	/15points
SUJET 3	Transmissions mécaniques	/12points
		/40points
<b>Partie Pratique</b>		
SUJET 4	Circuits hydrauliques	/20points
SUJET 5	Installation et réparation de moteurs à CA	/20points
SUJET 6	Automates programmables	/20points
		/60points
<b>Total Général</b>		<b>/100points</b>

## Partie théorique :

**SUJET 1 :**

...../ 13

Sur la plaque signalétique d'un moteur triphasé asynchrone M, on relève les indications suivantes :

1,5 kW                  230 V / 400 V                  6,3 A / 3,6 A                  1440 tr.min<sup>-1</sup>                  cos φ = 0,84

L'alimentation du moteur est assurée par un réseau triphasé 400 V-50 Hz.

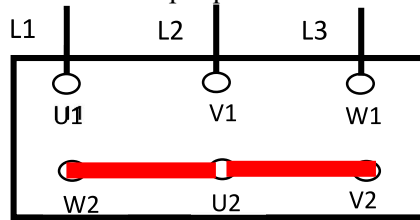
1- Quelle est la signification de ces différentes indications ? **7 x 0,5pt** /3,5

Indication	Signification
1,5 kW	<b>Puissance utile nominale</b>
230 V	<b>Tension nominale pour couplage triangle</b>
400 V	<b>Tension nominale pour couplage étoile</b>
6,3 A	<b>Courant nominal de ligne pour couplage triangle</b>
3,6 A	<b>Courant nominal de ligne pour couplage étoile</b>
1440 tr.min <sup>-1</sup>	<b>Vitesse de rotation nominale</b>
0,84	<b>Facteur de puissance nominale</b>

2- Déterminer le couplage. Justifier votre réponse. /2

**Couplage étoile** 1pt                  justification : deux enroulements supportent 400 V 1pt

3- Représenter la position des barrettes sur la plaque à bornes. /1,5



4- Calculer la puissance absorbée  $P_a$  par le moteur dans les conditions nominales de fonctionnement. /1

**Expression :0,75pt**  $P_a = U.L.\sqrt{3}.\cos \varphi$                   **A.N :0,25pt**  $P_a = 400 . 3,6 . \sqrt{3} . 0,84 = 2095,08 \text{ W}$

5- Déterminer le moment du couple utile nominal du moteur  $T_{un}$ . /1

**Expression :0,75pt**  $T_{un} = \frac{Pu.60}{2\pi nr}$                   **A.N :0,25pt**  $T_{un} = 9,9 \text{ Nm}$

Sachant que les pertes fer dans le stator et les pertes mécaniques sont négligeables

6- Calculer en fonctionnement nominale la puissance transmise  $P_{tr}$ . /1

**Expression :0,5pt**  $P_{tr} = P_u / (1-g)$                   **AVEC :  $g = (ns-nr) / ns = 0,04 = 4\%$**  0,25pt

**A.N :0,25pt**  $P_{tr} = (1,5 . 1000) / (1 - 0,04) = 1562,5 \text{ W}$

7- Calculer les pertes joules statoriques  $P_{js}$ . /2

**Expression :1,5pt**  $P_{js} = P_a - P_{tr}$                   **A.N :0,5pt**  $P_{js} = 2095,08 - 1562,5 = 532,58 \text{ W}$

8- Déduire de la question 7 la valeur de la résistance  $R$  de chaque enroulement. /1

**Expression :0,75pt**  $r = P_{js}/(3I^2)$                   **A.N :0,25pt**  $r = 532,58 / (3 . 3,6^2) = 13,69 \Omega$

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 2 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

**SUJET 2 :**

...../ 15

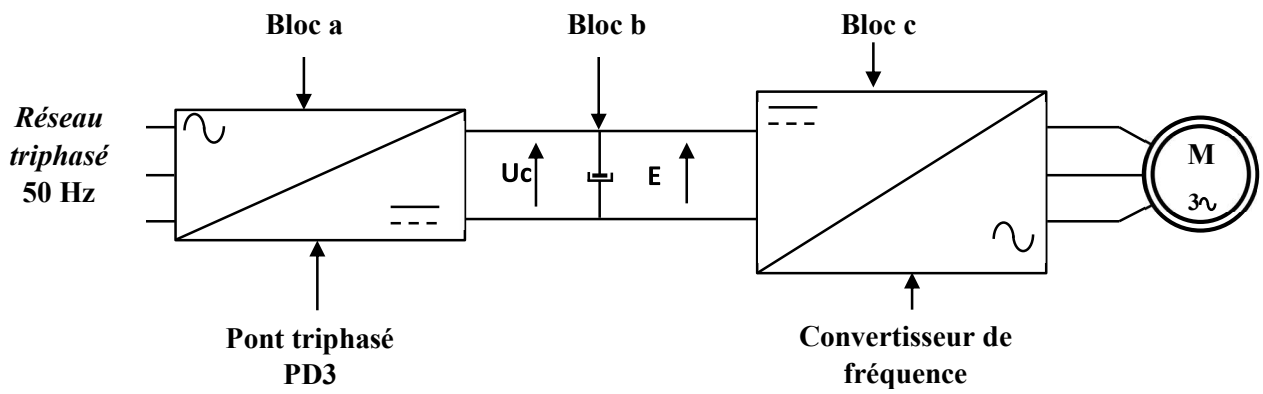
Pour faire varier la vitesse de rotation du moteur **M**, nous sommes amenés à choisir un variateur de vitesse.

CHOIX DU VARIATEUR									
Réseau			Moteur		ALTIVAR 18				
Tension d'alimentation  U1...U2	Courant de ligne (1)		Puissance indiquée sur plaque		Courant de sortie permanent	Courant Transitoire maxi (2)	Puissance dissipée à la charge nominale	Référence	Masse
	à U1	à U2	kW	HP					
200 ... 240 50/60 Hz Monophasé	4,4	3,9	0,37	0,5	2,1	3,1	23	ATV-18U09M2	1,5
	7,6	6,8	0,75	1	3,6	5,4	39	ATV-18U18M2	1,5
	13,9	12,4	1,5	2	6,8	10,2	60	ATV-18U29M2	2,1
	19,4	17,4	2,2	3	9,6	14,4	78	ATV-18U41M2	2,8
200 ... 230 50/60 Hz Triphasé	16,2	14,9	3	-	12,3	18,5	104	ATV-18U54M2	3,3
	20,4	18,8	4	5	16,4	24,6	141	ATV-18U72M2	3,3
	28,7	26,5	5,5	7,5	22	33	200	ATV-18U90M2	7,8
	38,4	35,3	7,5	10	28	42	264	ATV-18D12M2	7,8
380 ... 460 50/60 Hz Triphasé	2,9	2,7	0,75	1	2,1	3,2	24	ATV-18U18N4	2
	5,1	4,8	1,5	2	3,7	5,6	34	ATV-18U29N4	2,1
	6,8	6,3	2,2	3	5,3	8	49	ATV-18U41N4	3,1
	9,8	8,4	3	-	7,1	10,7	69	ATV-18U54N4	3,3
	12,5	10,9	4	5	9,2	13,8	94	ATV-18U72N4	3,3
	16,9	15,3	5,5	7,5	11,8	17,7	135	ATV-18U90N4	8
	21,5	19,4	7,5	10	16	24	175	ATV-18D12N4	8
	31,8	28,7	11	15	22	33	261	ATV-18D16N4	12
42,9	38,6	15	20	29,3	44	342	ATV-18D23N4	12	

1- Choisir la référence du variateur de vitesse compatible avec le moteur **M**, d'après le tableau ci-dessous ; Sachant que le moteur **M** est alimenté par un réseau triphasé de **400 V** et sa puissance est égale à **1,5 kW**. /2

- Référence variateur de vitesse : **ATV-18U29N4**

La figure ci-dessous représente le schéma fonctionnel simplifié d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé.



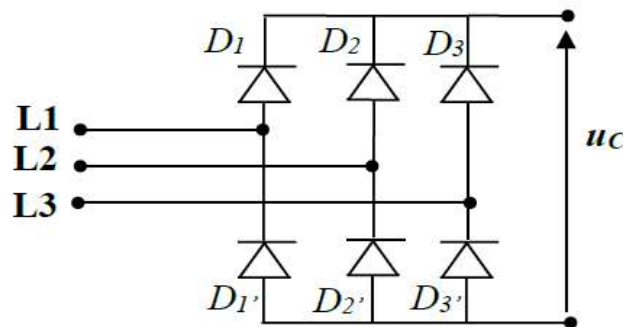
2- Préciser les fonctions des blocs *a*, *b* et *c* du schéma fonctionnel simplifié d'un variateur de vitesse pour un moteur asynchrone triphasé. /1,5

3 x 0,5pt

Bloc	Fonction
a)	Il convertit la tension alternative en une tension continue (redressée)
b)	Il permet de filtrer la tension redressée (stockage d'énergie électrique)
c)	Il convertit la tension continue en une tension alternative

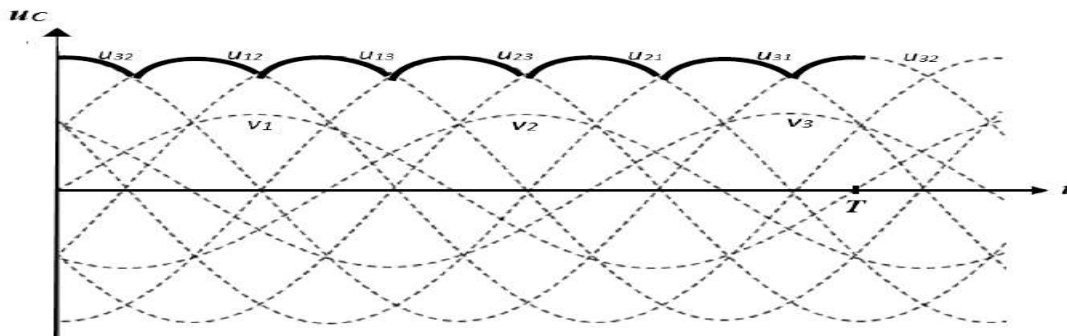
3- Sachant que le bloc *a* est un pont triphasé PD3 (6 diodes) ; Compléter son schéma de montage. /1,5

/1,5



4- Représenter, en fonction du temps, pour une période *T*, le graphe de la tension *uc(t)*. /3

/3



5- Déterminer la fréquence *f'* de la tension *uc(t)*. /1

/1

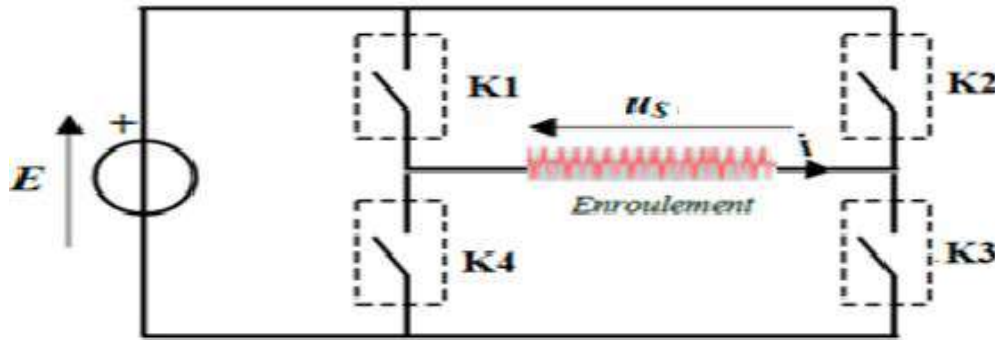
Expression : 0,75pt  $f' = 6 \cdot f$

A.N : 0,25pt  $f' = 300 \text{ Hz}$

- La tension du réseau ainsi redressée est ensuite filtrée pour devenir quasiment continue de valeur *E* à l'entrée de l'onduleur (bloc *c*).
- Le convertisseur de fréquence est un onduleur autonome triphasé. Dans cette partie, on s'intéressera à l'étude de l'alimentation d'un enroulement du moteur dont le schéma de montage est représenté par la figure ci-contre :
  - Les interrupteurs **K1**, **K2**, **K3** et **K4** sont supposés parfaits.
  - La commande des interrupteurs **K1**, **K2**, **K3** et **K4** est effectuée électroniquement.
  - La période *T* de la commande est égale à **20 ms**.
  - Commande des interrupteurs :
    - ❖  $0 < t \leq 10 \text{ ms}$ , **K1** et **K3** sont fermés, **K2** et **K4** sont ouverts.

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 4 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

❖  $10 \text{ ms} < t \leq 20 \text{ ms}$ , K2 et K4 sont fermés, K1 et K3 sont ouverts.



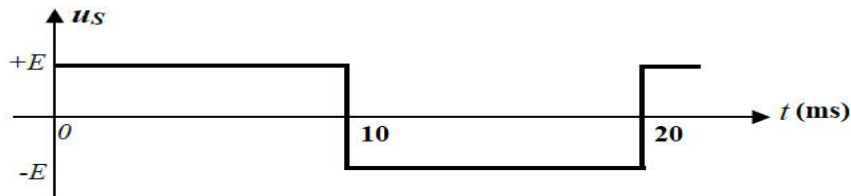
6- Quel type de commande est utilisé dans cet onduleur ? cocher la bonne réponse. /1

**Commande symétrique**                       Commande décalée

7- Citer un composant électronique permettant de réaliser un des interrupteurs. /1

**Thyristor ou transistor de commutation**

8- Représenter, en fonction du temps, pour une période T, le graphe de la tension  $u_s(t)$ . /2



9- Donner la valeur efficace  $U_s$  de la tension  $u_s(t)$  en fonction E. /1

**$U_s = E$**

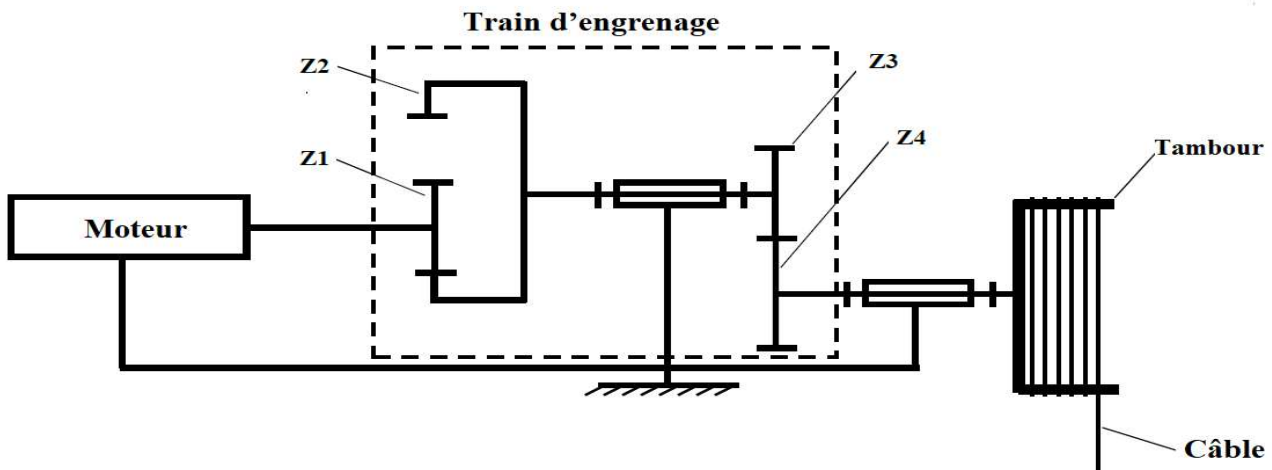
10- Déterminer la fréquence f de la tension délivrée par l'onduleur. /1

**Expression : 0,75pt  $f = 1 / T$**

**A.N : 0,25pt  $f = 50 \text{ Hz}$**

**SUJET 3 :** ( ..... / 12 )

La figure ci-dessous représente un système de rotation d'un **tambour** assurée par un système (**moteur + train d'engrenage**) :



Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 5 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

Données et Notations :	
Nm=1410 tr/min : vitesse de rotation du moteur Z1=40 dents : nombre de dents du pignon moteur Z2=90 dents : nombre de dents de la couronne	Z3=30 dents : nombre de dents du pignon Z4= 105 dents : nombre de dents de la roue

1- Cocher les **avantages** de la transmission par engrenage parmi les propositions données. /2

<input type="checkbox"/> Nécessite la lubrification.	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rendement très élevé.</b>
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rapport de vitesse constant.</b>	<input type="checkbox"/> Nécessite un ajustement précis entre les axes.

2- Citer la condition d'engrènement entre un pignon et une roue dans un système d'engrenage. /2

**Même module**

3- Calculer le rapport de vitesse  $r$  entre l'arbre d'entrée du moteur et l'arbre de sortie du tambour. /2

Expression : 1,5pt  $r = \frac{Z1 \cdot Z3}{Z2 \cdot Z4}$

A.N : 0,5pt  $r = \frac{40 \cdot 30}{90 \cdot 105} = 0,126$

4- Ce rapport est-il multiplicateur ou réducteur ? Justifier votre réponse. /2

Réponse : 1pt **Réducteur**

Justification : 1pt **Rapport de vitesse  $r < 1$**

5- Calculer la vitesse de rotation  $N_s$  du tambour (en tr/min). /2

Expression : 1,5pt  $N_s = r \times N_m$

A.N : 0,5pt  $N_s = 0,126 \times 1410 = 177,66 \text{ tr/min}$

6- Calculer la vitesse angulaire  $\Omega_s$  du tambour (en rad/s). /2

Expression : 1,5pt  $\Omega_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot N_s}{60}$

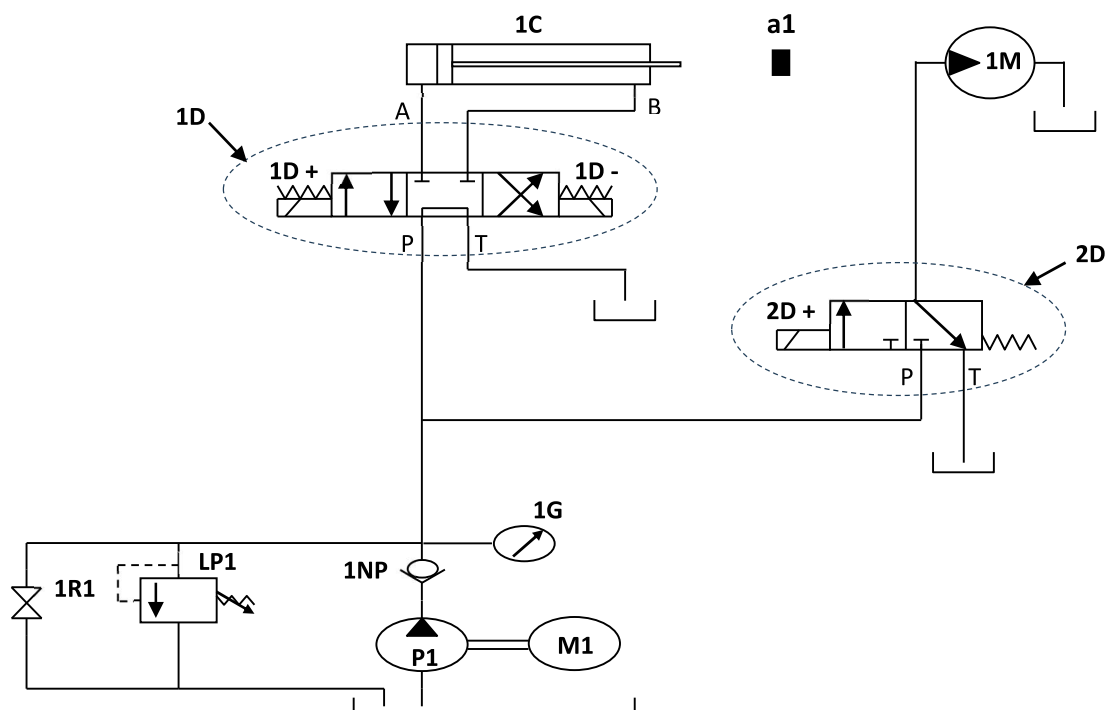
A.N : 0,5pt  $\Omega_s = \frac{2 \cdot \pi \cdot 177,66}{60} = 18,60 \text{ rad/s}$

Partie pratique :

SUJET 4 :

...../ 20

Soit le schéma du circuit hydraulique de puissance ci-dessous.



Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 6 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

1- Compléter le tableau ci-dessous.

8 x 1pt

/8

Repère	Nom	Fonction
1C	Vérin hydraulique double effet	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique (translation)
1M	Moteur hydraulique	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique (rotation)
1D	Distributeur 4/3 à commande électrique bistable centre tandem	Commuter (distribuer) l'énergie hydraulique
2D	Distributeur 3/ à commande électrique monostable	Commuter (distribuer) l'énergie hydraulique
LP1	Limiteur de pression réglable	Protéger le circuit hydraulique
1G	Manomètre	Indiquer la pression d'utilisation
P1	Pompe hydraulique	Générer un débit d'huile (transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique)
M1	Moteur électrique	Actionner la pompe (transformer l'énergie électrique en énergie mécanique)

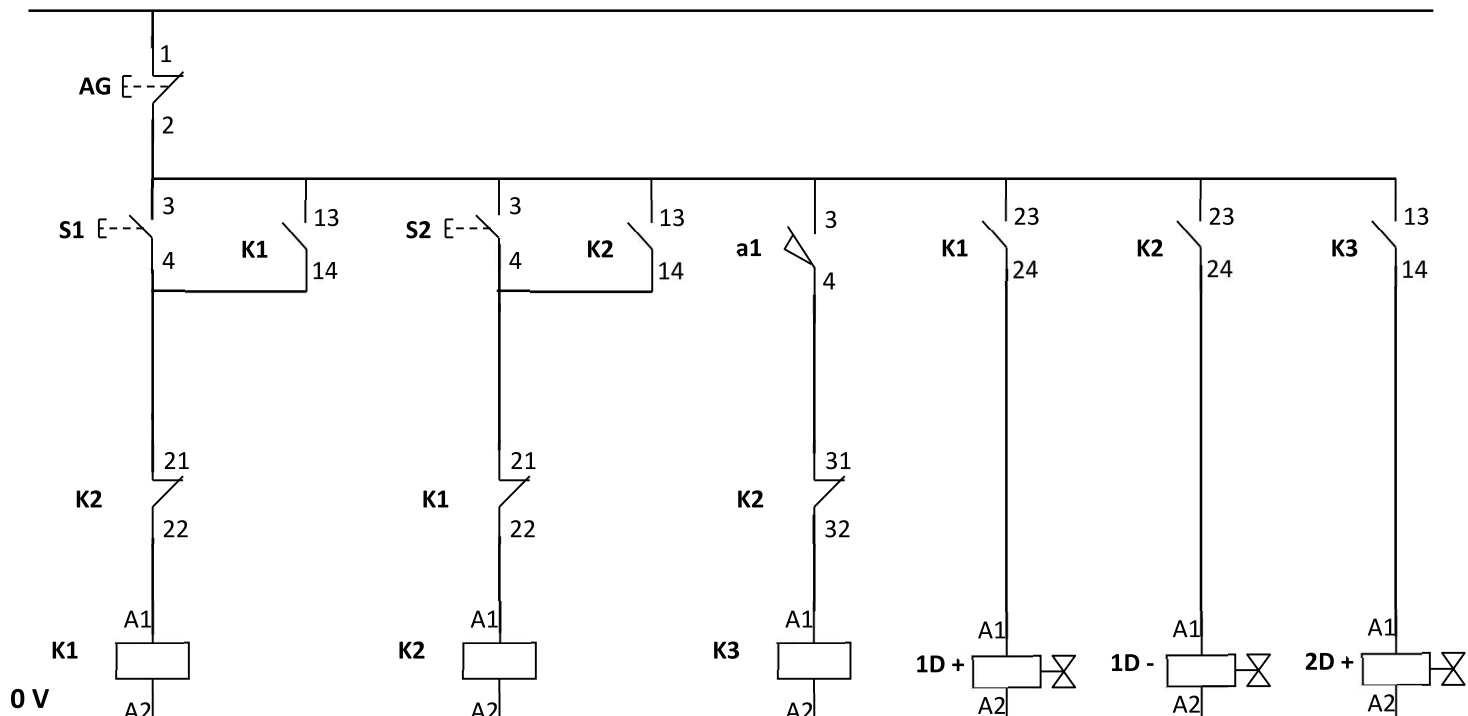
2- Compléter le schéma du circuit électrique de commande du système hydraulique, sachant que :

- L'appui sur un bouton poussoir S1 fait sortir la tige du vérin.
- Lorsque la tige arrive à sa limite de course en actionnant un fin de course a1, le moteur se met à tourner (le moteur tourne dans un seul sens).
- L'appui sur un bouton poussoir S2 fait rentrer la tige du vérin à sa position initiale et arrêter le moteur de tourner.
- L'appui sur un bouton poussoir AG fait arrêter le circuit électrique de commande du système hydraulique.

12 x 0,5pt

/6

24 V



Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 7 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

- Sur la plaque signalétique de la pompe hydraulique, on relève les indications suivantes :

**P = 150 bars** : Pression de la pompe.  
**Q = 5 L / min** : Débit de la pompe.  
**N = 1420 tr/min** : Vitesse de rotation de la pompe

3- Citer deux paramètres à prendre en considération pour le choix d'une pompe. /2

**Pression, débit (cylindrée), vitesse de rotation**

4- Calculer la cylindrée de la pompe Cyl en (cm<sup>3</sup>/tr). /2

Expression : 1,5pt  $Cyl = \frac{1000 \cdot Q}{N}$       A.N : 0,5pt  $Cyl = \frac{5 \cdot 1000}{1420} = 3,52 \text{ cm}^3/\text{tr}$

5- Calculer la puissance hydraulique Phyd de la pompe en kW. /2

Expression : 1,5pt  $Phyd = \frac{P \cdot Q}{600}$       A.N : 0,5pt  $Phyd = \frac{150 \times 5}{600} = 1,25 \text{ kW}$

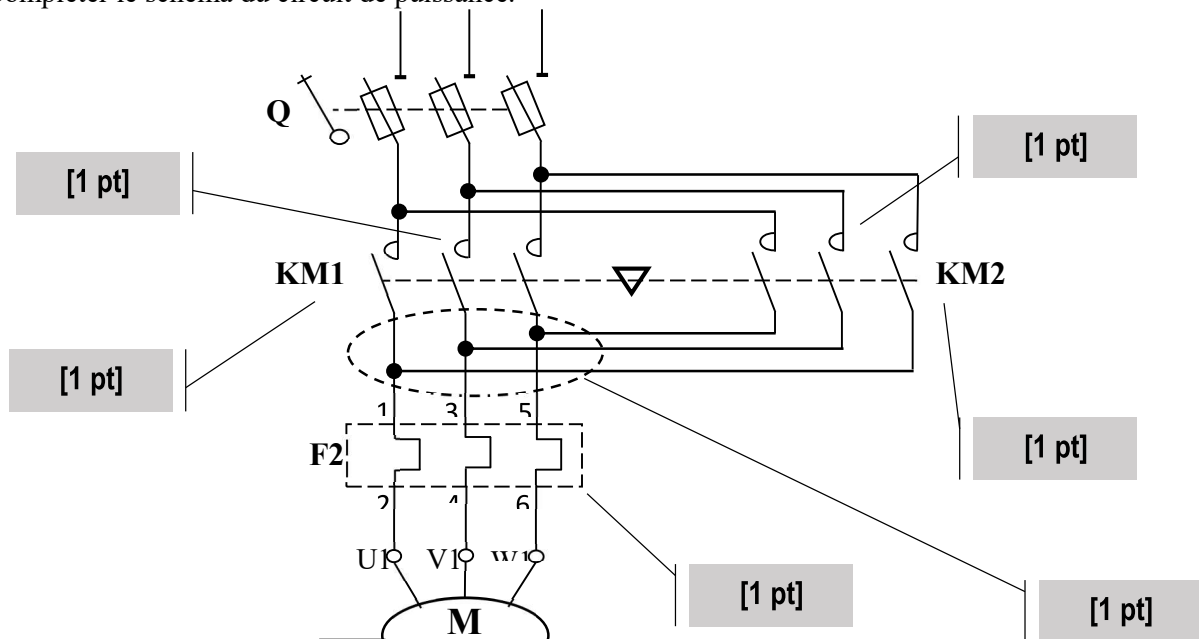
**SUJET 5 :**

...../ 20

Une machine est équipée d'un moteur asynchrone triphasé à cage commandé par un discontacteur tripolaire inverseur (démarrage direct 2 sens de rotation).

- La mise sous tension du moteur est commandée par un bouton poussoir marche **S2** ; tandis que la marche en sens avant ou en sens arrière est sélectionnée par un commutateur à deux positions (**S3**).
  - A n'importe quel moment on peut arrêter le moteur par une action sur le bouton poussoir arrêt **S1**.
  - On peut changer le sens de rotation à l'aide du commutateur à deux positions (**S3**) sans arrêter le moteur.
- Le moteur est protégé contre les courts-circuits et les surcharges.
  - Une lampe **H1** signale la marche en sens avant.
  - Une lampe **H2** signale la marche en sens arrière.
  - Une lampe **H3** signale l'arrêt normal du moteur.
  - Une **sonnerie H4** signale l'arrêt par défaut thermique du moteur.

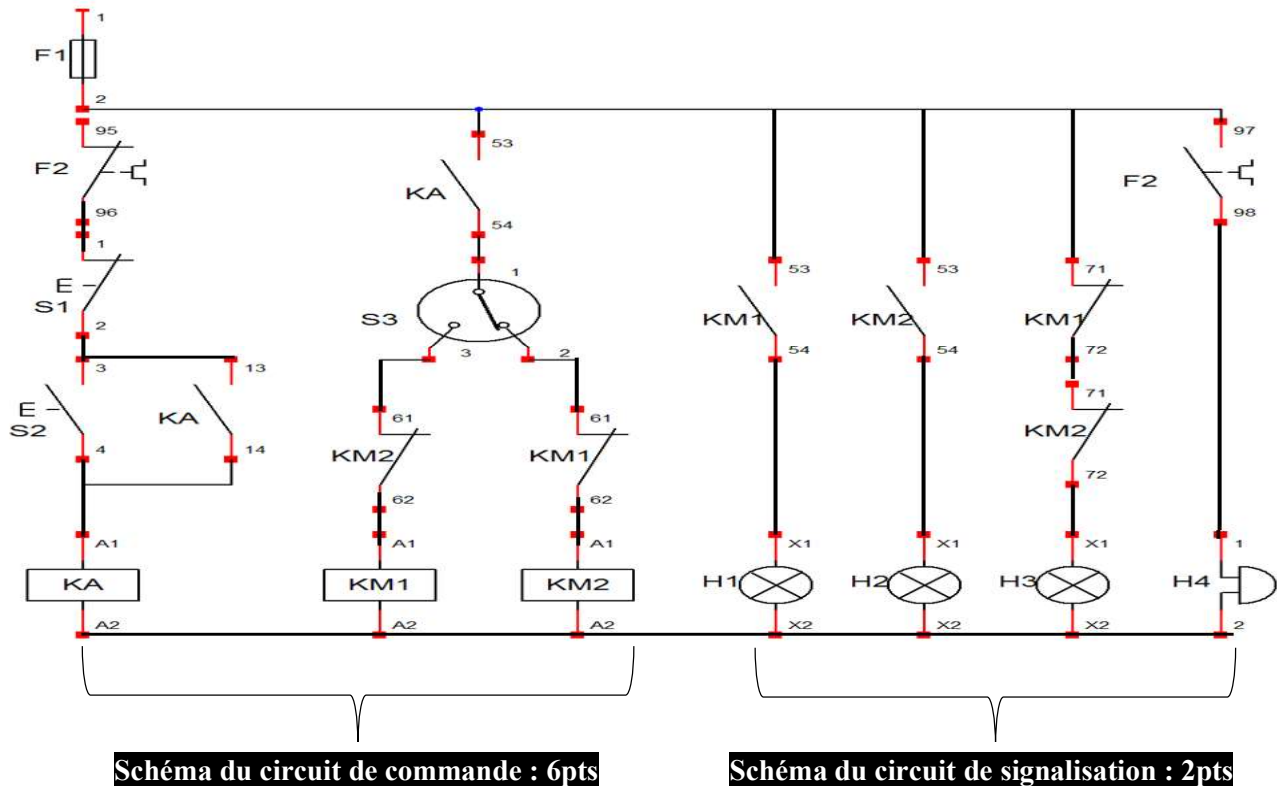
1- Compléter le schéma du circuit de puissance. /6



Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 8 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

2- Compléter le schéma de commande avec signalisation.

/8



3- Donner la liste de matériel pour réaliser les circuits de puissance, commande et de signalisation.

/6

**12 x 0,5pt = 6pts**

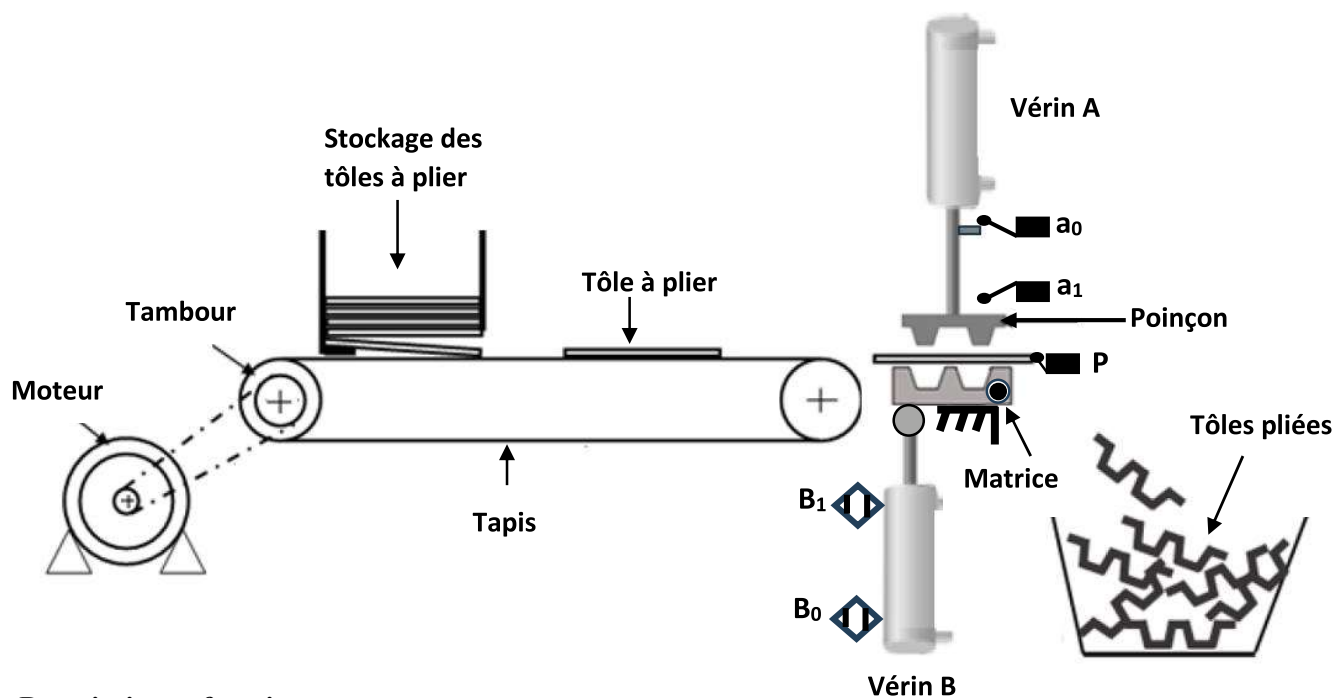
liste de matériel	Quantité
<b>Sectionneur porte fusible</b>	<b>1</b>
<b>Contacteur de puissance</b>	<b>2</b>
<b>Relais thermique</b>	<b>1</b>
<b>Moteur électrique asynchrone triphasé</b>	<b>1</b>
<b>Contacteur auxiliaire</b>	<b>1</b>
<b>Bloc additif de contacts instantanés</b>	<b>2</b>
<b>Bouton poussoir NO</b>	<b>1</b>
<b>Bouton poussoir NC</b>	<b>1</b>
<b>Lampe de signalisation</b>	<b>3</b>
<b>Sonnerie</b>	<b>1</b>
<b>Commutateur à deux positions (C6).</b>	<b>1</b>
<b>Fusible</b>	<b>4</b>

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 9 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		

**SUJET 6 :**

...../ 20

La figure ci-dessous présente une poste industrielle de mise en forme de tôles.



**Description et fonctionnement :**

Une action sur le bouton poussoir **S** de mise en marche provoque le départ du cycle suivant :

- Transfert de la pièce en tôle par le tapis entraîné par le moteur jusqu'à la position détectée par le capteur **p**.
- Pliage de la pièce en tôle par la descente et la montée du poinçon entraîné par le vérin **A**.
- Evacuation de la pièce en tôle par la rotation de la matrice autour de son axe d'articulation par le vérin **B**.
- Après avoir effectué **20** cycles, une lampe **L** clignote au rythme **1Hz** pendant **20** secondes puis le système se met à l'arrêt et attend un nouveau départ donné par l'opérateur en appuyant à nouveau sur **S**.
- **Remarques : \*\*\* Les vérins sont commandés par des distributeurs bistables.**

**Travail demandé :**

1) Identifier les entrées et les sorties en leurs accordant les adresses correspondantes.

/3

**12 x 0,25pt**

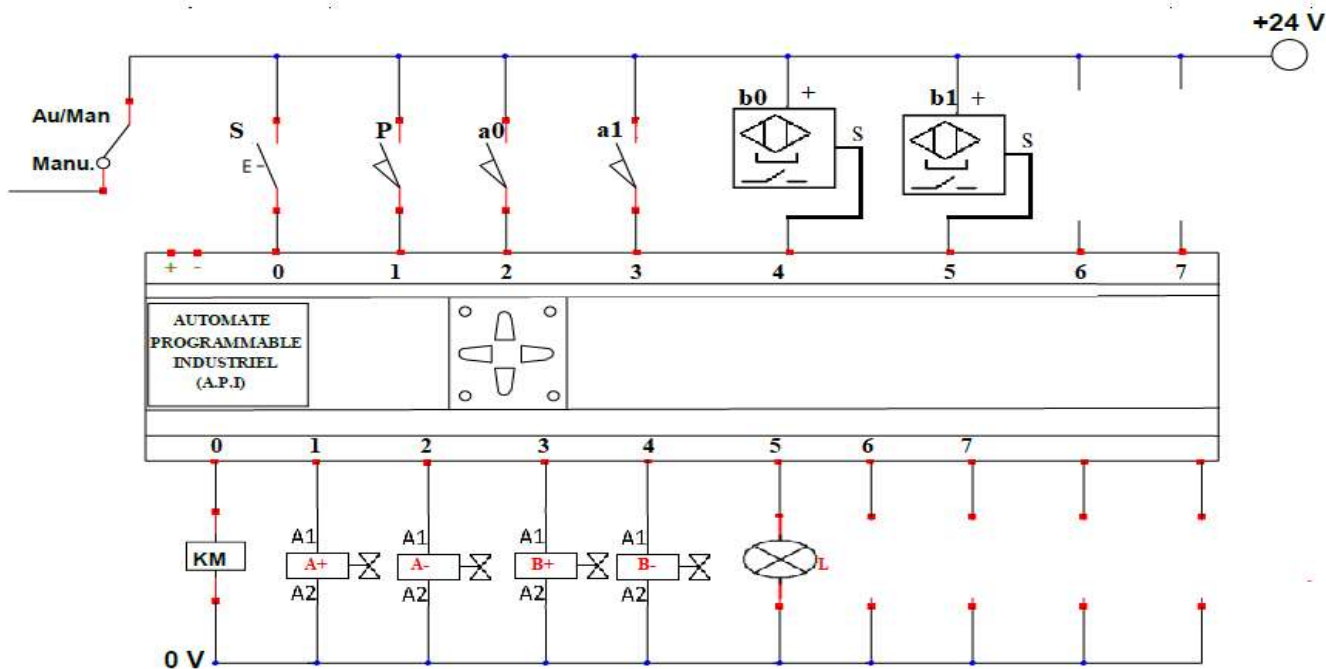
<b>Entrées</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>a<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>0</sub></b>	<b>b<sub>1</sub></b>
<b>Adresses</b>	<b>E0.0</b>	<b>E0.1</b>	<b>E0.2</b>	<b>E0.3</b>	<b>E0.4</b>	<b>E0.5</b>
<b>Sorties</b>	<b>M</b>	<b>A+</b>	<b>A-</b>	<b>B+</b>	<b>B-</b>	<b>L</b>
<b>Adresses</b>	<b>A0.0</b>	<b>A0.1</b>	<b>A0.2</b>	<b>A0.3</b>	<b>A0.4</b>	<b>A0.5</b>

**Remarques : l'adressage selon l'automate utilisé**

<b>Filière</b>	<b>ESA</b>	<b>Variante</b>	<b>1</b>	<b>Page</b>	<b>Page 10 sur 13</b>
<b>Corrigé</b>	<b>Examen Fin de Formation</b>	<b>Session</b>	<b>Juin 2024</b>		

2) Compléter le schéma du câblage de l'API en respectant l'adressage que vous avez proposé dans le tableau (Question N°1). /3

12 x 0,25pt

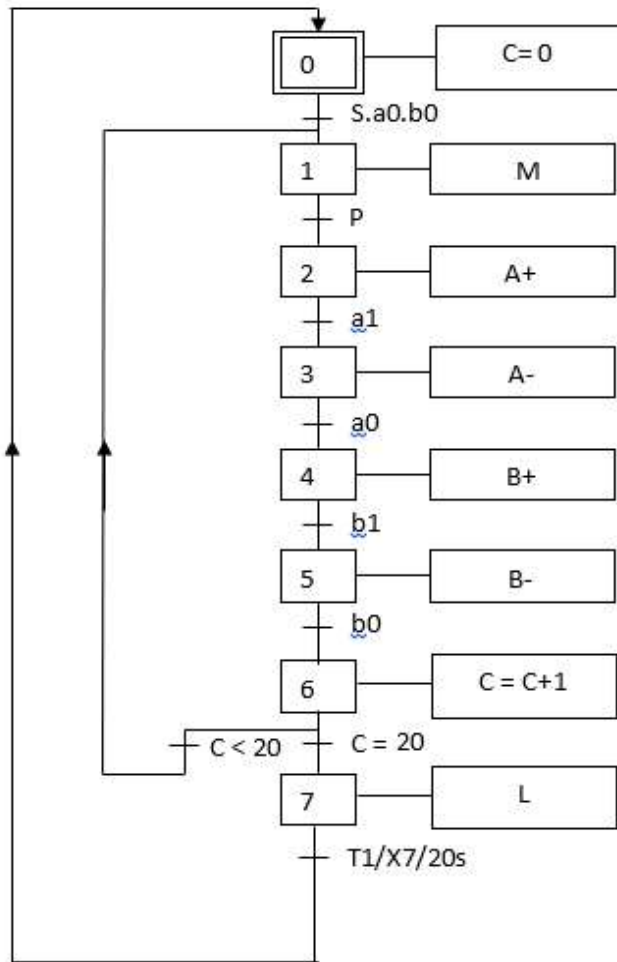


3) Compléter le grafcet ci-dessous.

14 x 0,5pt

/7

Filière	ESA	Variante	1	Page	Page 11 sur 13
Corrigé	Examen Fin de Formation	Session	Juin 2024		



4) Donner les équations d'activation et de désactivation des étapes du tableau. /7

**CAX<sub>i</sub>** : Condition d'activation de l'étape **X<sub>i</sub>**.

**CDX<sub>i</sub>** : Condition de désactivation de l'étape **X<sub>i</sub>**.

**14 x 0,5pt**

Etape <b>X<sub>i</sub></b>	<b>CAX<sub>i</sub></b>	<b>CDX<sub>i</sub></b>
<b>X<sub>0</sub></b>	<b>X<sub>7</sub>T +INIT</b>	<b>X<sub>1</sub></b>
<b>X<sub>1</sub></b>	$X_0.S.a_0.b_0 + X_6.C < 20$	<b>X<sub>2</sub></b>
<b>X<sub>2</sub></b>	$X_1.p$	<b>X<sub>3</sub></b>
<b>X<sub>3</sub></b>	$X_2.a_1$	<b>X<sub>4</sub></b>
<b>X<sub>4</sub></b>	$X_3.a_0$	<b>X<sub>5</sub></b>
<b>X<sub>5</sub></b>	$X_4.b_1$	<b>X<sub>6</sub></b>
<b>X<sub>6</sub></b>	$X_5.b_0$	<b>X<sub>7</sub>+X<sub>1</sub></b>
<b>X<sub>7</sub></b>	$X_6.C = 20$	<b>X<sub>0</sub></b>

<b>Filière</b>	<b>ESA</b>	<b>Variante</b>	<b>1</b>	<b>Page</b>	<b>Page 13 sur 13</b>
<b>Corrigé</b>	<b>Examen Fin de Formation</b>	<b>Session</b>	<b>Juin 2024</b>		